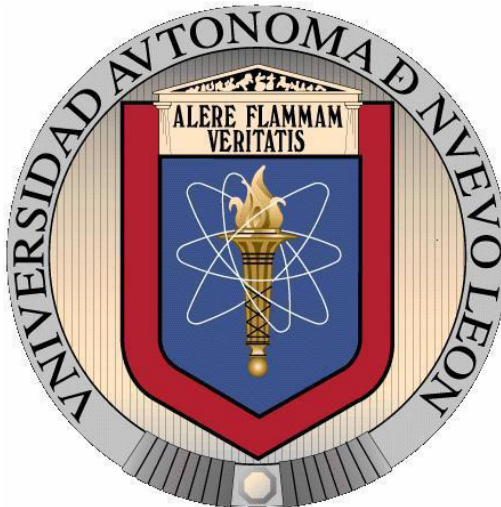


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



TESIS

**COMPARACIÓN DE LAS CONDICIONES EDÁFICAS
RESULTANTES DE TRES TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN
DE SUELO EN GALEANA, NUEVO LEÓN**

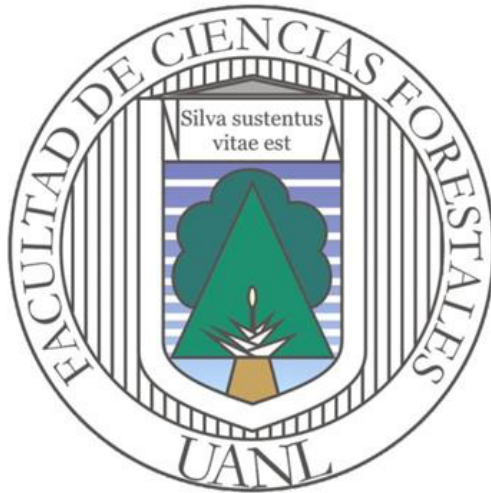
POR

OMAR ALEJANDRO DORIA TREVIÑO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

JULIO, 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



TESIS

**COMPARACIÓN DE LAS CONDICIONES EDÁFICAS
RESULTANTES DE TRES TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN
DE SUELO EN GALEANA, NUEVO LEÓN**

POR

OMAR ALEJANDRO DORIA TREVIÑO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO.

JULIO, 2015

COMPARACIÓN DE LAS CONDICIONES EDÁFICAS RESULTANTES DE TRES TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN DE SUELO EN GALEANA, NUEVO LEÓN.

APROBACIÓN DE TESIS

Dr. Luis Gerardo Cuéllar Rodríguez

Dra. Marisela Pando Moreno

Dr. Eduardo Javier Treviño Garza

Julio 2015

Agradecimientos

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo; en primera instancia agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme brindado los recursos económicos durante mi preparación y formación para obtener el grado de Maestría en Ciencias Forestales

Reconozco a la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL por haberme brindado la oportunidad de superarme en el ámbito profesional y personal, brindándome conocimientos necesarios para desarrollarme en el ámbito laboral con ética y profesionalismo.

Agradezco al Subdirector de posgrado, Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón por la oportunidad y el apoyo brindado a lo largo de la carrera.

En especial quiero agradecer al Dr. Luis Gerardo Cuéllar Rodríguez, a la Dra. Marisela Pando Moreno y al Dr. Eduardo Javier Treviño Garza, titulares y guías de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

También quiero dar las gracias al componente COUSSA (Conservación y uso sustentable del suelo y agua), del Programa Integral de Desarrollo Rural el cual brindó los recursos económicos para realizar las actividades de conservación de suelo necesarias para realizar el estudio.

Y en especial a mi esposa por el gran apoyo brindado durante mi formación académica.

RESUMEN

La creciente presión sobre los ecosistemas para satisfacer las necesidades de alimentos, forraje, combustible, materiales para construcción y agua ha sido un factor detonante en la pérdida de la capacidad productiva de los ecosistemas, particularmente del recurso suelo. Una forma de contrarrestar esos efectos de desertificación es mediante la implementación de obras de conservación y restauración del suelo. La hipótesis que se propone en esta investigación es que los tratamientos aplicados (bordos en curvas a nivel, reforestación y exclusión de ganado) mejorarán las propiedades físicas y químicas del suelo. Asimismo, incrementarán la cobertura vegetal y la regeneración de *Pinus arizonica*. Los tratamientos, incluido un área control, se establecieron en superficies de 20 ha y fueron evaluados en 2011- 2012 (vegetación) y 2011-2013 (parámetros de suelo). Las cuatro áreas se encuentran bajo el mismo clima, pendiente, tipo de suelo y vegetación. No hubo diferencias en la densidad aparente entre tratamientos, ni entre fechas (2011-2013). El contenido de materia orgánica resultó similar entre los tratamientos durante 2011 excepto el testigo que presentó menor cantidad de materia orgánica. En 2013, el tratamiento de reforestación incrementó el contenido de materia orgánica con respecto a 2011 a diferencia del resto de los tratamientos que no presentaron cambio entre estas dos fechas. En relación a la regeneración de *Pinus arizonica*, no se encontraron diferencias en el número de semillas, ni de plántulas entre tratamientos (bordos, exclusión, testigo) en ninguno de los dos muestreos (octubre 2011 y marzo 2012). En todos los tratamientos, excepto en el testigo, se incrementó la cobertura vegetal de 2011 a 2013, mostrando menores porcentajes de suelo desnudo a dos años de haber realizado las obras de conservación del suelo.

ABSTRACT

The increasing pressure on ecosystems for food, fodder, fuel, building materials and water has been a driving factor in the loss of productive capacity of ecosystems, particularly soil loss. One way to counteract these effects of desertification is through the implementation of soil conservation and restoration actions. The hypothesis proposed here is that the treatments applied (contour bounding, reforestation and excluding livestock) improve the physical and chemical properties of soil. Also, they increase vegetation cover and regeneration of *Pinus arizonica*. Treatments, including a control area, were established in areas of 20 hectares each and were evaluated in 2011-2012 (vegetation) and 2011-2013 (soil parameters). The four treatments were located on the same climate, slope and soil and vegetation type. There were no differences in soil bulk density between treatments nor between dates (2011-2013) in any of the treatments. The organic matter content was similar between treatments in 2011 except for the control which had lower amount of organic matter. In 2013, reforestation treatment increased the organic matter content compared to 2011, unlike the rest of the treatments that did not show differences between dates. In relation to the regeneration of *Pinus arizonica*, there were no differences in the number of seeds or seedlings between treatments (contour bounding, exclusion, control) in either of the two sampling dates (October 2011 and March 2012). Vegetation cover increased in all treatments from 2011 to 2013, except for the control, showing lower percentage of bare soil two years after implementation of the soil conservation actions.

Contenido

Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Hipótesis.....	5
Objetivos.....	5
Materiales y Métodos.....	6
Resultados y Discusión.....	14
Conclusiones.....	23
Literatura Citada.....	24

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una presión creciente sobre los ecosistemas en cuanto al suministro de alimentos, forraje, combustible, materiales para construcción y agua. Esta presión, atribuida a una combinación de factores humanos (como la presión demográfica, el uso del suelo) y climáticos (como las sequías) (Vargas, 2007); ha llevado a la pérdida de la capacidad productiva de los ecosistemas. Por lo que se hacen necesarias medidas para la prevención y recuperación de los procesos ecológicos (MEA, 2005).

El uso del suelo, así como las prácticas de manejo a que el suelo esté sujeto, influyen en la densidad del mismo. El uso de maquinaria pesada en los cultivos agrícolas provoca compactación del suelo (Blackwell *et al.*, 1985; Allegre *et al.*, 1986; Hartge, 1988), lo cual reduce su porosidad a través de la expulsión parcial del aire y agua. Debido a que los poros más grandes son los primeros en disminuir por efecto de la compactación, los incrementos en la densidad aparente del suelo serán mayores al principio (Hillel, 1982; Blake & Hartge, 1986) y se irán reduciendo con subsecuentes compactaciones. El pastoreo en terrenos de agostadero tiene el efecto potencial de compactar los suelos debido al pisoteo.

Durante el tiempo que dura una generación humana, los procesos que tienen lugar en los suelos, no alteran, comúnmente, de una forma apreciable, el tamaño de las partículas minerales individuales. Así, un suelo arenoso permanece arenoso y un suelo arcilloso continúa siéndolo (Buckman & Brady, 1977). A diferencia de la textura, la densidad aparente de un suelo sí puede variar en un corto tiempo debido a factores climáticos o de acumulación o pérdida de materia orgánica, pero principalmente debido a factores antropogénicos como el uso de maquinaria pesada o el sobrepastoreo, los cuales ocasionan compactación, reduciendo los espacios porosos e incrementando, por ende, la densidad aparente de ese suelo.

En los últimos años se han presentado en el estado de Nuevo León graves problemas de sequía; principalmente en los municipios del sur como: Galeana, Mier y Noriega, General Zaragoza y Doctor Arroyo; dejando pérdidas por más de 60 millones de pesos en el sector agrícola (Ortega, 2011).

Bajo las consideraciones expuestas, los habitantes del Ejido La Poza del municipio de Galeana, Nuevo León fueron apoyados por el Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria en el componente de COUSSA (Conservación y Uso Sustentable del Suelo y Agua) el cual opera con recursos Estatales y Federales. Con este apoyo, los habitantes realizaron obras de conservación de suelo y agua en áreas que, bajo su perspectiva, presentan problemas de degradación de suelo.

El proyecto de conservación de suelo y agua aprobado fue desarrollado en una superficie de 115 ha, en la que se realizaron obras tales como bordos a nivel, área de exclusión y reforestación. En el presente trabajo se evalúan los efectos de estas obras sobre las características físico-químicas del suelo así como los efectos en la regeneración de *Pinus arizonica* y la cobertura vegetal.

ANTECEDENTES

La degradación del suelo es uno de los mayores problemas que enfrentan los ecosistemas de todo el mundo (Lal, 1993; 1997). Como causas del deterioro se encuentran: la deforestación de tierras vulnerables, el sobrepastoreo y el mal manejo del suelo y del agua los cuales reducen la capacidad productiva de los suelos e impiden el incremento en la producción de alimentos, forrajes y combustibles (MEA, 2005; McMichel, *et al.*, 2005; Pimentel *et al.* 2007).

De acuerdo a la FAO (1994) una de las principales causas de la degradación de los suelos en América Latina es la aplicación de técnicas de labranza inadecuadas con el consecuente deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

Otras causas desencadenantes de la degradación son la deforestación (eliminación o reducción de la cubierta vegetal) y la compactación del suelo. La cubierta vegetal controla la escorrentía superficial y la pérdida de suelo (Vargas & Reyes, 2011).

Estos factores tienen mayores efectos en tierras que no tienen vocación agrícola por lo que a medida que se reduce la disponibilidad de tierras ideales para la agricultura por la presión de la población y las necesidades de producción, se aumenta la superficie de tierras degradadas, haciendo imprescindible la adopción generalizada de técnicas de restauración de los ecosistemas (Villers & Trejo 2012).

Es necesario integrar las técnicas de conservación para la protección, conservación y restauración de suelos al manejo de los recursos naturales, con lo que se podría encaminar a los ecosistemas hacia la producción sustentable (Cardoza *et al.*, 2007).

De esta manera, la conservación de suelos sería comprendida como el conjunto de actividades inmersas en el enfoque global del manejo del suelo, el agua y la explotación agrícola. Por lo que deberá estar por encima de los trabajos de control de la erosión ya que éstos, contribuyen al objetivo general de mejorar y mantener la capacidad productiva del suelo; incrementando los rendimientos y haciendo que la agricultura sea sostenible y por lo tanto evitando o reduciendo la degradación de los mismos.

En México, a partir del año 1995 con el surgimiento de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) se empezaron a atender los problemas de deterioro ambiental y deforestación, erosión, pérdida de diversidad y contaminación ambiental. Posteriormente, empezaron a operar el Programa de Conservación y Restauración de Suelos y el Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) los cuales fueron fortalecidos con el Programa de Empleo Temporal (PET).

Los efectos de las obras de conservación realizadas mediante los programas mencionados están pobremente estudiados ya que los programas solo contemplan recursos para realizar el trabajo pero no para el monitoreo. De acuerdo a Hudson (1993) se dedican muchos esfuerzos económicos y humanos pero se ignora o se pospone indefinidamente un reconocimiento de la efectividad de las obras que permita obtener conclusiones para la ejecución de las siguientes obras.

HIPÓTESIS

- Los tratamientos de conservación de suelo efectuados en el ejido La Poza en Galeana, N.L. mejorarán las propiedades físicas del suelo y la cantidad de materia orgánica,
- Los tratamientos de conservación de suelo efectuados en el ejido La Poza en Galeana, N.L. incrementarán la cobertura vegetal y la regeneración de *Pinus arizonica*.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar los efectos de tres tratamientos de conservación de suelo sobre la densidad aparente, la materia orgánica, el establecimiento de *Pinus arizonica* y la cobertura vegetal.

Objetivos particulares:

- Determinar los cambios en la densidad aparente y materia orgánica del suelo, en áreas tratadas y sin tratamiento.
- Evaluar las diferencias en la regeneración de *Pinus arizonica* en áreas tratadas y sin tratamiento.
- Evaluar la cobertura vegetal en los diferentes tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Galeana N.L. en el ejido La Poza a 15.5 km de la cabecera municipal, en el km 69 de la carretera a Dr. Arroyo, a la altura de la “Y griega de arriba” (Figura 5.1).

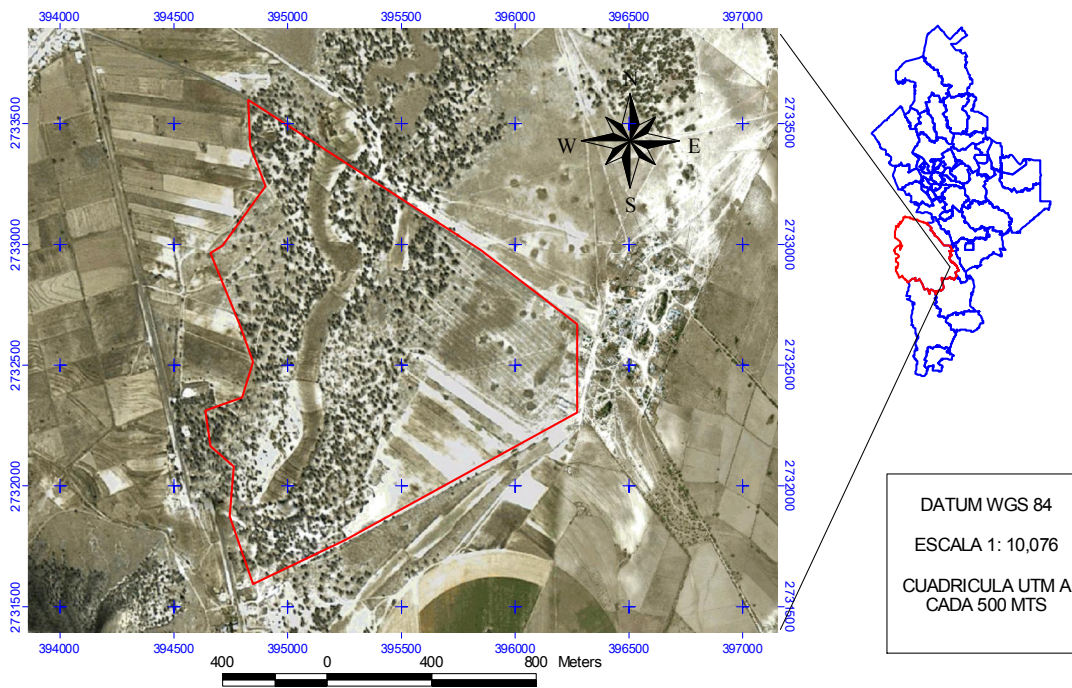


Figura 5.1: Localización del área de estudio

Clima

El clima es seco con temperatura semiárida que varía entre los 18 y 22°C con lluvias en verano.

Suelo

El suelo predominante es Regozol de tipo calcárico, el cual se caracteriza por no presentar distintas capas, tiene un color claro, con mucha similitud con la roca que tiene debajo cuando no son profundos, su fertilidad es variable y su uso agrícola está condicionado a la profundidad y al porcentaje de pedregosidad.

Topografía

La topografía del Ejido es irregular, presenta una serie de cañadas y montañas cuya pendiente va desde los 12 al 75 % (en algunas áreas se sobrepasa este porcentaje).

Hidrología

El predio se localiza dentro de la Región Hidrológica número 25 denominada “San Fernando-Soto La Marina” la cual es conocida también con el nombre de Golfo Norte y corresponde a todas las corrientes que desembocan en el Golfo de México y que están comprendidas entre las cuencas de los ríos Bravo y Panuco. Aproximadamente el 20 % de la superficie de esta cuenca corresponde al estado de Nuevo León, el resto pertenece al estado de Tamaulipas, por lo que se puede decir que esta región es típicamente tamaulipeca (INEGI, 2010) (Figura 5.2).

Vegetación

De acuerdo al INEGI (1976), la vegetación presente en el área de estudio es de bosques de pino y encino; teniendo como elemento florístico predominante al *Pinus arizonica* que solo se presenta en esta zona del estado de Nuevo León. Específicamente, en el área de estudio se documentó la presencia de masas puras de *Pinus arizonica* con individuos aislados de *Yucca filifera* (Figura 5.3).

Omar Alejandro Doria Treviño

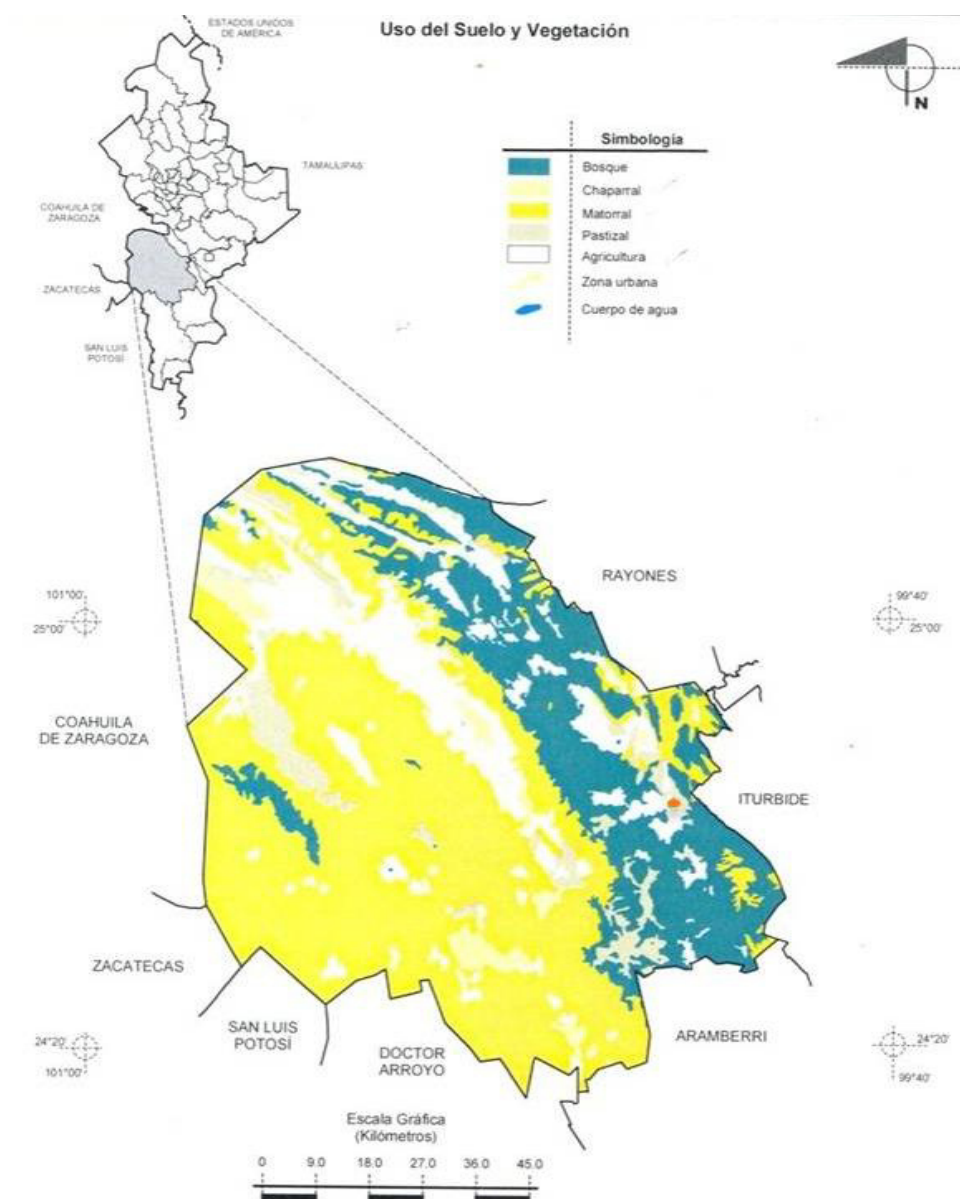


Figura 5.3 Tipos de vegetación del área de estudio

Descripción de Pinus arizonica

Es un árbol monoico con altura de 25 a 35 m y diámetros mayores a 100 cm; fuste recto, copa densa y piramidal en arboles jóvenes y redondeada en árboles maduros. La corteza en árboles maduros es gruesa, con profundas fisuras que forman placas largas e irregulares de color café rojizo. Hojas en fascículos de tres agujas y en ocasiones de cuatro y cinco; de 12 a 22 cm de largo, erguidas, rígidas, agrupadas al final de las ramitas; estomas presentes en las superficies dorsal y ventral, márgenes finamente aserrados, de seis a diez canales resiníferos medios.

La especie comienza a florecer a partir de los 20 años de edad. Los conos polinizados requieren de dos años para madurar, fructifica abundantemente cada dos a cuatro años. Los conos maduran de octubre a noviembre y la dispersión de las semillas ocurre de noviembre a diciembre. La dispersión de las semillas es anemocórica. Las semillas son de color café oscuro, oval, de 6 a 7 mm de largo, con un ala articulada de 20 a 25 mm de largo y 8 a 9 mm de ancho. El número de cotiledones varía de siete a nueve pero se encuentran con mayor frecuencia ocho.

Las vainas de los fascículos son de color café, persistentes de 15 a 20 mm de largo (Eguliuz 1982; Perry, 1991). Las yemas de los conillos son largamente ovoides y acuminadas. Los conillos crecen solitarios o en grupos de dos y tres en pedúnculos cortos.

Los frutos son conos ovoides a cónicos, simétricos, erguidos a ligeramente reflejados, de 6 a 9 cm de largo, color moreno oscuro con tintes rojizo, ligeramente lustroso y con resina ambarina en algunos casos. Tiene pedúnculos fuertes de 10 mm de largo, ocultos en las escamas basales. Los conos se presentan en pares o en grupos de tres (Eguliuz, 1982; Perry, 1991)

La madera es blanda, débil y quebradiza, con un peso específico de 0.50 g/cm³. La albura es de color rojizo. Tiene textura de fina a mediana, grano recto y brillo de mediano a alto. Es utilizada en construcciones rústicas, molduras, postes para líneas de transmisión, celulosa y papel, machimbres, puertas, decoración de interiores, madera aserrada, tableros de partículas, ventanas, chapa, cajas para empaque, leña y durmientes (Eguliuz, 1982; Perry, 1991)

Se distribuye naturalmente desde los 22°30'N hasta los 31°05'N. Se encuentra en el sur este de Arizona y sur oeste de Nuevo México en los Estados Unidos; en México ocurre a través de la Sierra Madre Occidental en el noreste de Sonora, oeste de Chihuahua y su distribución altitudinal varia de 1700 a 2800 msnm, con precipitaciones anuales de 400 a 1000 mm y una temperatura promedio de 15°C, con temperaturas extremas de -23 a 40°C. Se ha observado en suelos superficiales y rocosos, derivados de andesitas y conglomerados andesíticos, así como también de granito y riolitas. Esta especie forma masas bastante abiertas, a menudo puras en las elevaciones mayores, pero en altitudes menores se encuentra mezclada con *P. chihuahuana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. ayacahuite* var. *Brachyptera*, y ocasionalmente con *Pseudotsuga menziesii*. En el estrato arbustivo se presenta pequeños *Juniperus*, *Quercus spp.* y *Arbutus spp.* Es una especie de crecimiento lento, que alcanza alturas de 30 a 35 m y diámetros de 50 a 70 cm en 280 a 300 años (Eguliuz, 1982; Perry, 1991)

Metodología

Dentro del ejido La Poza se realizaron cuatro tratamientos de conservación de suelo en una superficie de 115ha (bordos con curvas a nivel, reforestación, exclusión de ganado y testigo) Para el tratamiento de bordos siguiendo curvas a nivel se realizaron 100 curvas a 20 metros de distancia entre sí. Los bordos se hicieron con una altura de 0.4 m y un ancho de 0.4 m con una longitud mínima de 20 m y máxima de 100 m. Este tratamiento se realizó en 20 ha las cuales fueron excluidas del ganado.

El segundo tratamiento es una plantación de *Pinus arizonica* de 12 ha con una antigüedad de 7 años en las cuales se realizaron zanjas bordo como medida complementaria en líneas perpendiculares a la pendiente a cada 20m y la plantación se realizó en tres bolillo, fue circulada en 2011 con alambre de púas para evitar la entrada del ganado.

El tercer tratamiento consistió en exclusión total del ganado desde 2011, sin realizar obras de conservación de suelo.

Por último, el testigo es un área de bosque con características de suelo y vegetación similares a las de los tres tratamientos, las cuatro áreas tienen condiciones de deterioro similares. Los factores de estrés, tales como el paso de vehículos, gente y ganado fueron eliminados de los tratamientos, pero permanecen de forma normal en el testigo.

Todas las variables descritas a continuación fueron evaluadas en 2011 (inicio del experimento) y durante 2013 (final del experimento); excepto el número de semillas y plántulas que fue evaluado en 2011 y 2012.

Propiedades del suelo (densidad aparente, textura del suelo y materia orgánica).

Para evaluar los cambios en las variables del suelo se establecieron 5 parcelas de muestreo en cada tratamiento para determinar: densidad aparente, textura y contenido de materia orgánica.

Densidad Aparente

Para el cálculo de la densidad aparente se utilizó el método del cilindro (Blake y Hartge, 1986) a dos profundidades de 0 a 5 cm y de 5 a 10 cm. Las muestras tomadas en campo se secaron en estufa a 105°C hasta llegar a peso constante y el valor de densidad aparente se estimó dividiendo el peso del suelo seco, o masa del suelo, entre el volumen del cilindro 118.79 cm³.

Materia Orgánica

Para la determinación del contenido de materia orgánica las muestras de suelo fueron secadas al aire, molidas y tamizadas a través de una malla de 2 mm y posteriormente analizadas mediante el método de combustión húmeda y titulación según Walkley-Black (Wöerner, 1989).

La textura se determinó al tacto.

Regeneración de *Pinus arizonica*

La regeneración de *Pinus arizonica* se realizó en dos fases, la primera consistió en la contabilización de semillas y la segunda en el conteo de plántulas.

Conteo de Semillas

En cada uno de los tratamientos se tomaron muestras de hojarasca colectadas en parcelas de 50 x 50 a un centímetro de profundidad, las cuales fueron colocadas en bolsas de plástico y transportadas a las instalaciones de la Facultad de Ciencias Forestales para separar las semillas de *Pinus arizonica* del resto de los materiales.

Las semillas fueron colocadas en una hoja de papel y pegadas con cinta adhesiva para tomar una radiografía que ayudó a diferenciar las semillas que tenían daños mecánicos o bien las que no hubieran desarrollado endospermo. Las semillas sin daños mecánicos y con desarrollo de endospermo se colocaron en una germinadora para evaluar su capacidad germinativa. Este muestreo se realizó en los meses de octubre de 2011 y marzo 2012.

Conteo de Plántulas

El conteo de plántulas se realizó en sitios de 100m², se establecieron 5 sitios en cada uno de los tratamientos. A cada plántula encontrada en los sitios se le calculó la edad con base en el número de verticilos. Esta evaluación se realizó en los meses de septiembre de 2012 y mayo de 2013.

Cobertura vegetal.

La cobertura vegetal fue evaluada mediante el método de puntos modificado (Villalón *et al.* 1991). Este método consiste en trazar líneas al azar de 15 metros de longitud a intervalos de 0.5 metros en la que se registran todos los puntos de contacto, teniendo las siguientes categorías: a) suelo c) materia orgánica o d) material vegetativo. El resultado se expresa en porcentaje de ocurrencia de cada categoría.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se compararon los resultados de densidad aparente, contenido de materia orgánica, regeneración y cobertura vegetal de en cada uno de los tratamientos.

Comparación de la densidad aparente en 2011 Versus 2013

La densidad aparente no presentó cambios en ninguno de los tratamientos cuando se compararon muestras de 2011 con las de 2013 ($F=4.95$, g.l.= 3 $P=0.132$). Los valores de densidad aparente expresados en g/cm^3 se presentan en la Figura 6.1.

La densidad aparente medida entre 0 y 5 cm fue similar en todos los tratamientos, no se presentaron diferencias entre los tratamientos ($P=0.1475$). Tampoco se presentaron diferencias en la densidad tomada entre los 5 y los 10cm ($P= 0.1931$). Los resultados se presentan en la Figura 6.2.

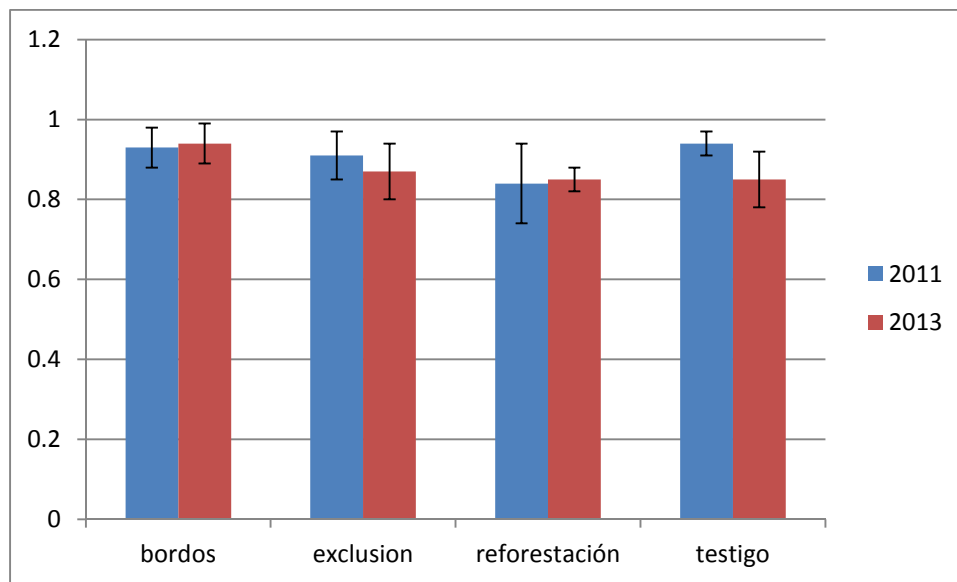


Figura 6.1 Densidad aparente en g/cm^3 de los cuatro tratamientos durante 2011 y 2013, tomada de 0 a 5 cm.

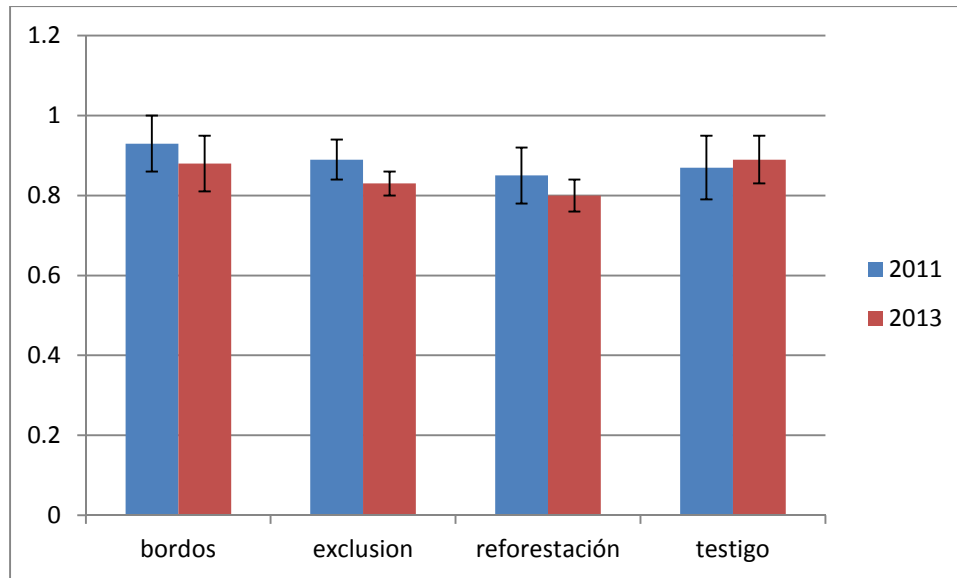


Figura 6.2. Densidad aparente en g/cm^3 de los cuatro tratamientos durante 2011 y 2013, tomada de 5 a 10 cm en el Ejido La Poza, Galeana, N.L.

Materia Orgánica

El contenido de materia orgánica resultó similar entre los tratamientos durante 2011 ($P=0.35$), excepto el testigo, que presentó menor cantidad de materia orgánica ($P=0.02$). En el muestreo de 2013, el área de reforestación fue el único tratamiento que incrementó el contenido de materia orgánica con respecto a 2011. Esta condición podría deberse a que durante el proceso de trazado y realización de las obras de conservación se removió la materia orgánica del suelo o bien se mezcló con capas inferiores, mientras en el tratamiento de reforestación la cobertura vegetal contribuye a la formación de capas orgánicas de suelo. Los resultados se presentan en la Figura 6.3.

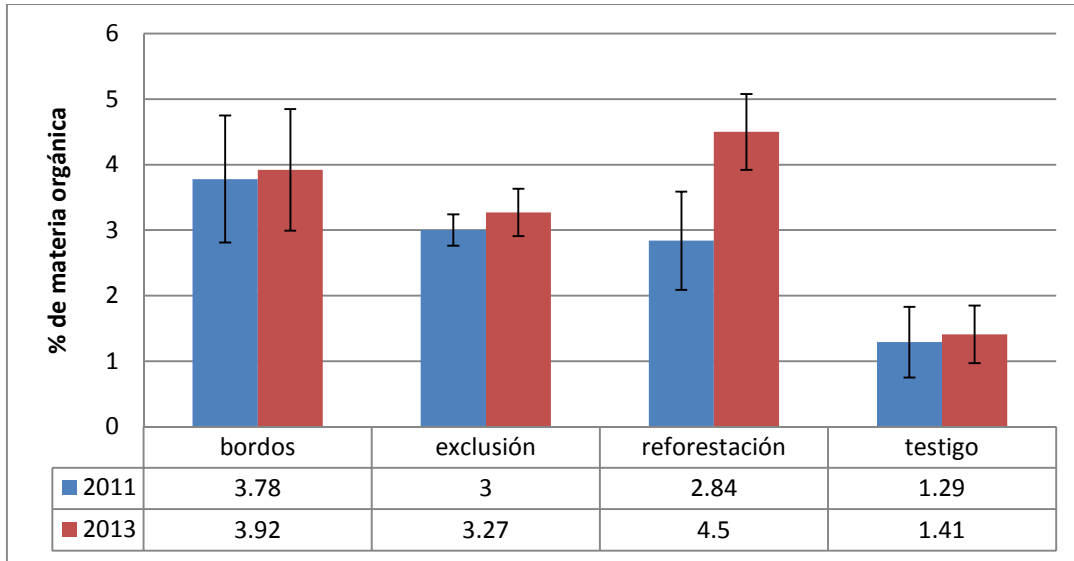


Figura 6.3 Contenido de materia orgánica expresado en porcentaje en los diferentes tratamientos durante los años 2011 y 2013 en el Ejido La Poza, Galeana, N.L.

Conteo de Semillas

Se contabilizaron 6640 semillas de *P. arizonica* en las muestras de suelo. De acuerdo con el análisis de Rayos X, el 99.97% de las semillas presentaron daños, ya sea por insectos u hongos. En el mes de marzo de 2012 se contabilizaron 2680 semillas de las cuales, 20 resultaron sin daños aparentes (Figura 6.4). El promedio de semillas por tratamiento y muestreo se presentan en la Cuadro 6.1.

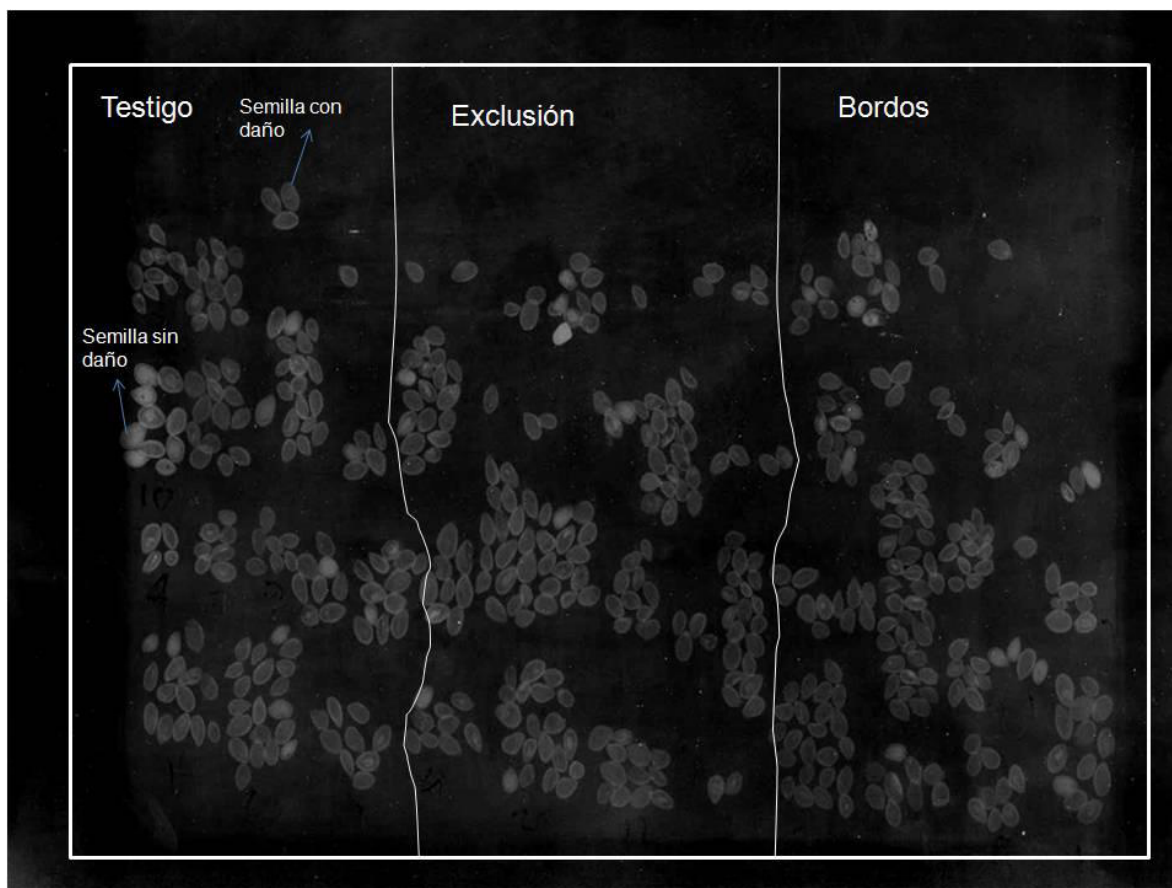


Figura 6.4. Radiografía de las semillas del muestreo de marzo, las semillas sin daños aparecen de color blanco, las oscuras no desarrollaron endospermo o bien fueron dañadas por diversos factores.

Tratamiento	Total	octubre 2011		Total	marzo 2012	
		Semillas con daño	Semillas sin daños		Semillas con daño	Semillas sin daños
Bordos	206	205	1	69	62	7
Exclusión	196	196	0	102	97	5
Reforestación	0	0	0	0	0	0
Testigo	262	261	1	96	88	8

Cuadro 6.1 Semillas de *P. arizonica* por tratamiento y por muestreo en el ejido la Poza, Galeana, N.L.

Se encontraron más semillas en el muestreo de 2011 (262 semillas) que en el muestreo de 2012 ($F= 4.01$; $P=0.003$), lo cual podría deberse a que el período de maduración de las semillas de *P. arizonica* es de octubre a diciembre (Perry, 1991). Lo que implicaría que en el muestreo de marzo habrían pasado al menos tres meses desde su caída del árbol por lo pudieron ser dispersadas o depredadas por diversos organismos.

No se encontraron diferencias en el número de semillas en ninguno de los tratamientos (bordos, exclusión, testigo) en ninguno de los dos muestreos (octubre 2011 y marzo 2012) (Cuadro 6.2). Debido a que todos los tratamientos tienen en promedio el mismo número de semillas, podría asumirse que todas las áreas tendrían la misma probabilidad de iniciar el proceso de regeneración, sin embargo, el número de semillas sin daños fue escaso (octubre de 2011: 1.34 ± 0.53 /100m²; marzo 2012: 0.44 ± 0.16 /100m²).

Tratamiento	Octubre 2011	Marzo 2012
Bordos Vs. Exclusión	$t=0.148, P=0.883$	$t=-1.550, P=0.138$
Exclusión Vs. Testigo	$t=-0.829, P=0.417$	$t=0.166, P=0.869$
Bordos Vs. Testigo	$t=-0.947, P=0.355$	$t=-0.874, P=0.393$

Cuadro 6.2. Valores de *t de Student* para cada uno de los tratamientos en el ejido La Poza, Galeana, N.L.

Conteo de Plántulas

Debido al escaso número de plántulas encontrado en el segundo muestreo, se realizó un análisis no paramétrico de los datos, mediante la *prueba U de Mann-Whitney* la cual asume que las dos muestras, de tamaño n_1 y n_2 , respectivamente, proceden de poblaciones idénticas. La hipótesis alternativa supone que la tendencia central de una población difiere de la otra, pero no una diferencia de forma o de dispersión. Por esta razón esta prueba es el equivalente no paramétrico de la *Prueba t* para la diferencia de dos medias cuando las muestras son independientes pero no puede suponerse la normalidad de las poblaciones de origen. En la Cuadro 6.3 se presentan los resultados de esta prueba para cada una de las comparaciones entre los muestreos. Esto se puede atribuir a las condiciones de sequía imperantes durante los meses de octubre a mayo en que se realizó el segundo muestreo. En la Figura 6.5 se presenta el número de plántulas encontradas en cada uno de los tratamientos durante los muestreos de 2011 y 2012.

Tratamiento	Prueba de U Mann-Whitney
Bordos (septiembre 2011 vs. mayo 2012)	$P=0.317$
Exclusión (septiembre 2011 vs. mayo 2012)	$P=0.218$
Testigo (septiembre 2011 vs. mayo 2012)	$P=0.053$

Tabla 6.3. Resultados de la prueba de *U Mann-Whitney* para el número de plántulas por tratamientos.

Comparación del número de plántulas entre los tratamientos

El promedio general de edad de las plántulas fue de 2.40 ± 2.17 años, las plántulas más jóvenes fueron de un año de edad y las más viejas de 7 años. El promedio de plántulas por tratamiento se presenta en la Figura 6.5.

No se encontraron diferencias en cuanto al número de plántulas en ninguno de los tratamientos ni fechas de muestreo. Los resultados de la prueba de *U Mann-Whitney* se presentan en la Cuadro 6.4. Este resultado puede deberse a la escasez de lluvias durante la época en que se realizó este experimento, ya que las únicas plantas sobrevivientes (2) fueron las mayores de 4 años en el tratamiento de exclusión.

Tratamiento	Octubre 2011	Marzo 2012
Bordos Vs. Exclusión	$P= 0.196$	$P= 0.134$
Exclusión Vs. Testigo	$P= 0.829$	$P= 0.134$
Bordos Vs. Testigo	$P= 0.196$	$P= 1$

Cuadro 6.4. Resultados de la prueba de *U Mann-Whitney* para el número de plántulas por tratamientos y fechas de muestreo.

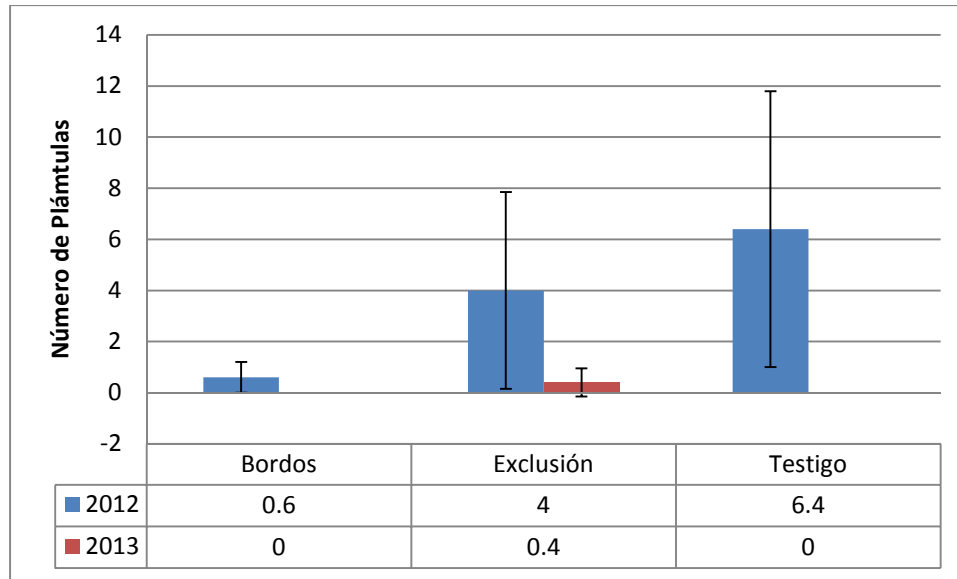


Figura 6.5. Promedio de plántulas encontradas por tratamiento y muestreo en el ejido la Poza, Galeana, N.L.

Cobertura vegetal

En todos los tratamientos, excepto en el testigo, disminuyó el porcentaje de suelo desnudo considerando de 2011 a 2013 ($F= 3.58$, $P=0.03$). La cobertura de herbáceas aumentó solamente en el área de reforestación ($t= 1.54$, $P=0.048$). La cantidad de árboles, arbustos y de materia orgánica permaneció inalterado en todos los tratamientos ($F=2.78$, $P=0.12$). En la Cuadro 6.6 se presentan los porcentajes encontrados en cada uno de los tratamientos en los años 2011 y 2013.

TRATAMIENTOS	SUELO DESNUDO	HOJARASCA	ÁRBOL	ARBUSTOS	HIERBAS
Porcentaje de cobertura 2011					
BORDOS	39.6	8.3	5.7	0	46.4
EXCLUSIÓN	34.4	11.8	9.4	0	44.4
REFORESTACIÓN	41.3	7.7	1.3	0	49.7
TESTIGO	42.9	4.6	1.5	0	49.5
Porcentaje de cobertura 2013					
BORDOS	26.3	15.2	5.8	0	52.6
EXCLUSIÓN	23.5	21.8	12.3	0	42.3
REFORESTACIÓN	22.5	2.3	1.9	0.8	72.5
TESTIGO	35.9	17.5	8.3	0	37.8

Cuadro 6.6 Porcentaje de suelo desnudo, materia orgánica, árboles, arbustos y hierbas en cada uno de los tratamientos en los muestreos de 2011 y 2013 en el Ejido La Poza, Galeana, N.L.

Conclusiones

- No se encontraron diferencias en la densidad aparente en ninguno de los tratamientos en ninguno de los dos muestreos.
- El contenido de materia orgánica fue menor en el testigo que en el resto de los tratamientos en el muestreo realizado en 2011. Esto pudo deberse a que en el resto de los tratamientos se evitó la presencia de ganado.
- En el segundo muestreo (2013) el área de reforestación fue el único tratamiento donde el contenido de materia orgánica se vio incrementado con respecto a 2011, posiblemente debido a la mayor cobertura vegetal y la producción de hojarasca de la plantación de 7 años de edad.
- Prácticamente todas las semillas encontradas en los muestreos de 2012 y 2013 (99.97%) tuvieron algún tipo de daño ya sea por hongos o insectos, por lo que no se registró regeneración de esta edad.
- La edad promedio de las plantas encontradas fue de 2.4 años, no se encontraron diferencias en el número de plántulas en ninguno de los tratamientos.
- El porcentaje de suelo desnudo disminuyó entre los muestreos de 2011 y 2013, excepto para el testigo.
- Hubo un ligero aumento en la cantidad de herbáceas, pero no se encontraron diferencias en el número de arbustos.

LITERATURA CITADA

- Blake, G. A.R. Hartge. 1986. Bula density. En: Methods of soil analysis. C.A. Black (Editor). American Society of Agronomy, Madison. Estados Unidos.
- Cardoza R., Cuevas L., García J.S, Guerrero J.A. González J.C. Hernández H., Lira M., Nieves J.L., Tejeda D., Vázquez C.M. 2007. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales, Comisión Nacional Forestal, Zapopan Jalisco, México. Chapingo, México. 1982. p. 17.
- Eguiluz, P. T. 1982. Clima y distribución del género Pinus en México. Revista Ciencia Forestal. México. 38(7):31-44.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1976. Carta Edafológica, de uso de suelo y vegetación, carta G14C66 escala 1:50000.
- Lal, R. 1993. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality and sustainability. Soil Tillage. Res 27:1-7.
- Lal, R. 1997. Degradation and resilience of soils. Philos Trans R. Soc. Lond 352:997-1010
- Millennium Ecosystem Assessment. (MEA) 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- McMichael, A.J., J.W. Powles, C.D. Butler, R. Uauy. 2007. Food, livestock production, energy, climate change and health. Resource document. (<http://www.lexisnexis.com/us/lnacademic/delivery/Print>). Consultado febrero 2015.
- Ortega D. 2011, Diagnóstico sobre la Gestión y el uso del agua en el sector Agropecuario de Nuevo León.
- Perry Jr. J.P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Portland Oregon. EUA. 231p.
- Pimentel, D., S. Cooperstein, H. Randell, D. Filiberto, S. Sorrentino, B. Kaye. C. Nicklin, J. Yagi. J. Brian, J. OHern, A. Habas, C. Weinstein. 2007. Ecology of increasing disease, population growth and environmental degradation. Hum Ecol 35:653-668.
- Vargas S., 2007. Caracterización de los Factores Socioeconómicos de la Desertificación en México. Informe de Proyecto.
http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/caracterizacion_desertificacion.pdf
- Vargas, O., Reyes S.P. 2011. Recuperación de suelos en el contexto de la restauración forestal en clima seco: el caso de la cuenca Mediterránea, Memorias I Congreso

Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Pag. 69

Villers, L. y Trejo I. 2012. El cambio climático y la vegetación en México
<http://www.atmosfera.unam.mx/cambio/libro/forestal.pdf>

Wöerner, M. 1989. Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semiáridas. Facultad de ciencias Forestales, UANL. Linares, Nuevo León, México.